

대한민국 특허청  
KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

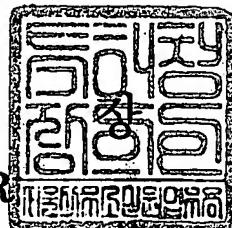
출원번호 : 10-2003-0038883  
Application Number

출원년월일 : 2003년 06월 16일  
Date of Application JUN 16, 2003

출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 08 월 06 일



특허청

COMMISSIONER

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0007
【제출일자】	2003.06.16
【국제특허분류】	H04L
【발명의 명칭】	이더넷 수동 광 가입자망에서 다중 서비스를 고려한 동적 대역폭 할당방법
【발명의 영문명칭】	DYNAMIC BANDWIDTH ALLOCATION METHOD CONSIDERING MULTIPLE SERVICES FOR ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	2003-001449-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	오호일
【성명의 영문표기】	OH, Ho Il
【주민등록번호】	740709-1347816
【우편번호】	121-823
【주소】	서울특별시 마포구 망원2동 429-13번지 302호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이민효
【성명의 영문표기】	LEE, Min Hyo
【주민등록번호】	710301-1829415
【우편번호】	442-726
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 벽적골9단지 주공아파트 902동 506호
【국적】	KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김수형  
**【성명의 영문표기】** KIM,Su Hyung  
**【주민등록번호】** 710501-1079657  
**【우편번호】** 138-783  
**【주소】** 서울특별시 송파구 풍납2동 우성아파트 5동 706호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김영석  
**【성명의 영문표기】** KIM,Young Seok  
**【주민등록번호】** 611021-1684623  
**【우편번호】** 463-820  
**【주소】** 경기도 성남시 분당구 서현동 310번지 효자동 614-802  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 오윤제  
**【성명의 영문표기】** OH,Yun Je  
**【주민등록번호】** 620830-1052015  
**【우편번호】** 449-915  
**【주소】** 경기도 용인시 구성면 언남리 동일하이빌 102동 202호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 박태성  
**【성명의 영문표기】** PARK,Tae Sung  
**【주민등록번호】** 640619-1029617  
**【우편번호】** 449-912  
**【주소】** 경기도 용인시 구성면 마북리 삼성래미안 1차 109동 1202호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김영천  
**【성명의 영문표기】** KIM,Young Chun  
**【주민등록번호】** 561210-1388238  
**【우편번호】** 560-772

【주소】	전라북도 전주시 완산구 중화산동 2가 482-1 한신코아아파트 2동 905 호		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	박혁규		
【성명의 영문표기】	PARK,Hyuck Kyu		
【주민등록번호】	740731-1481512		
【우편번호】	561-832		
【주소】	전라북도 전주시 덕진구 인후동2가 1576-33		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	안계현		
【성명의 영문표기】	AHN,Kye Hyun		
【주민등록번호】	740202-2537117		
【우편번호】	302-120		
【주소】	대전광역시 서구 둔산동 현대아이텔 710호		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	한경은		
【성명의 영문표기】	HAN,Kyung Eun		
【주민등록번호】	760302-2540317		
【우편번호】	560-832		
【주소】	전라북도 전주시 완산구 중화산동 2가 77-15		
【국적】	KR		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인 이건주 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	11	면	11,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	4	항	237,000 원
【합계】	277,000 원		

## 【요약서】

### 【요약】

본 발명은 이더넷 수동 광 가입자망(Ethernet Passive Optical Network: EPON)에 있어서 OLT와 ONU(Optical Network Unit)에서의 대역폭(bandwidth) 동적 할당 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 OLT의 스케줄러는 ONU로부터 전송된 REPORT 메시지 내의 다중 큐 요청 정보를 기반으로 스케줄링을 한 후 단일의 ONU에 대해 통합된 스케줄링 결과를 게이트 메시지를 통해 전송한다. 또한 본 발명에 따라 ONU의 스케줄러는 OLT로부터 할당받은 대역폭을 기반으로 스케줄링을 수행하고 자신에게 속해있는 각 큐에게 전송 대역폭을 할당한다.

### 【대표도】

도 3

### 【색인어】

이더넷 수동 광가입자망(EPON), 동적 대역폭 할당(DBA)

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

이더넷 수동 광 가입자망에서 다중 서비스를 고려한 동적 대역폭 할당방법{DYNAMIC BANDWIDTH ALLOCATION METHOD CONSIDERING MULTIPLE SERVICES FOR ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK}

### 【도면의 간단한 설명】

도 1는 일반적인 EPON의 블록구성도,

도 2는 EPON에서의 GPS 기반 대역폭 할당 알고리즘의 단일 스케줄링을 나타낸 도면,

도 3은 본 발명에 따른 대역폭 할당 알고리즘의 계층적 구조를 보인 도면,

도 4는 본 발명에 따른 OLT에서의 동적 대역폭 할당을 위한 비례 할당 방법의 처리 흐름도,

도 5은 본 발명의 제1 실시예에 따른 비례할당 알고리즘의 순서도,

도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 최대 요구 우선 할당 알고리즘의 순서도,

도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 우선 순위 우선 할당 알고리즘의 순서도.

## 【발명의 상세한 설명】

### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<8> 본 발명은 수동 광 가입자망(Passive Optical Network: 이하 "PON"이라 칭함)에 관한 것으로, 특히 기가비트 이더넷 수동 광 가입자망(Gigabit Ethernet Passive Optical Network: 이하 "GE-PON"이라 칭함)에 있어서 ONU(Optical Network Unit)에 데이터 전송을 위한 대역폭(bandwidth)을 할당하는 방법에 관한 것이다.

<9> 인터넷을 비롯한 광대역 멀티미디어 수요의 비약적인 증가는 각 가정까지 광선로를 설치하는 광 가입자망(FTTH: fiber to the home)을 요구하게 되었고 그에 따라 PON(Passive Optical Network)이 제안되었다. PON은 다수의 ONU(optical network unit)가 하나의 광섬유를 통해 OLT(optical line termination)를 공유하는 점 대 다점(Point to Multipoint) 망 구조이며, 가입자와의 정보교환을 위한 전송 방식에 따라 ATM PON(이하, APON)과 이더넷(Ethernet) PON(이하, EPON)으로 나눌 수 있다.

<10> APON은 대역폭에 제한이 있으며(최고 622Mbps) IP(Internet Protocol)패킷을 분할(segmentation)해야 하기 때문에 상대적으로 저가이며 높은 대역폭(1Gbps 정도)을 확보 할 수 있는 EPON이 장점을 갖는다.

<11> 도 1은 일반적인 EPON의 블록 구성도를 보인 것으로, 하나의 OLT(10)와 다수의 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)을 포함하며, OLT(10)와 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)이 ODN(20)을 통해 접속된다. OLT(10)는 트리 구조의 루트에 위치하며 액세스(access) 망의 각 가입자들에게 정보를 제공하기 위하여 중심적인 역할을 수행한다. 이러한 OLT(10)에는 트리

(tree) 토플로지 구조를 가지고 OLT(10)로부터 전송되는 하향(downstream)의 데이터 프레임을 3개의 예를 보인 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)에게 분배하고, 역으로 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)로부터의 상향(upstream)의 데이터 프레임을 TDM 방식으로 멀티플렉싱하여 OLT(10)로 전송하는 ODN(20)이 접속된다. ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)은 하향 데이터 프레임을 수신하여 종단 사용자들(40-1, 40-2, … 40-N)에게 제공하고 종단 사용자들(40-1, 40-2, … 40-N)로부터 출력되는 데이터를 가변길이(variable length) 이더넷 프레임이 되는 상향 데이터 프레임으로서 ODN(20)을 통해 OLT(10)로 전송한다. 3개의 예를 보인 종단 사용자들(40-1, 40-2, … 40-N)은 NT(Network Terminal)를 포함하는 PON에서 사용될 수 있는 여러 종류의 가입자망 종단장치를 의미한다.

<12> 이러한 점 대 다점의 EPON 구조에서 하나의 OLT(10)와 이에 연결된 다수의 ONU(30-1, 30-2, … 30-N)간의 자원 공유를 위해 GPS(Generalized Processor Sharing)가 기존에 가장 많이 사용되고 있다. 즉, 점 대 다점 EPON는 공정한 큐잉을 지원하기 위해 GPS를 사용한다. GPS 기반의 알고리즘을 EPON에 적용한다는 것은 OLT에 위치한 스케줄러가 ONU에 위치한 다양한 큐들을 대상으로 스케줄링 한다는 것을 의미하므로 초과 대역폭이 발생했을 때 각 큐에게 공정하게 분배될 수 있다.

<13> 도 2는 EPON에서의 GPS 기반 대역폭 할당 알고리즘의 단일 스케줄링을 나타낸다.

<14> 도 1 및 도 2를 참조하면, ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)은 OLT(10)에게 등록을 하여 자신의 위치와 존재를 알리고, 각각의 ONU ID를 할당받는다. 이후 OLT(10)가

ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)에게 데이터를 전송할 수 있는 기회를 상향 데이터 전송기회 허가(grant) 프레임을 통해 부여하면, ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)은 자신이 가지고 있는 큐(32)에 있는 데이터의 양을 측정하여 이 큐(queue)값을 대역폭 할당 요구 프레임에 넣어 OLT(10)로 전송한다. 상기한 상향 데이터 전송기회 허가 프레임은 OLT(10)가 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)중 하나에 상향으로 데이터를 전송할 수 있는 기회를 부여해 주고자 할 때 사용되는 하향 패킷이고, 대역폭 할당 요구 프레임은 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)중 하나가 OLT(10)의 허가를 받아 OLT(10)에게 대역폭 할당 요구를 할 때 사용되는 상향 패킷이다.

<15> OLT(10)는 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)로부터 대역폭 요구들을 받으면, OLT(10)의 스케줄러(12)는 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)에게 적절한 데이터 전송 대역폭을 할당한다. 그리고 OLT(10)는 이 결과를 다음 타임 슬롯의 상향 데이터 전송기회 허가 프레임에 포함 시켜 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)로 전송한다. 이때 할당정보는 전송을 시작할 시각과 전송을 유지할 시간으로 구성되며 이를 받은 ONU들(30-1, 30-2, … 30-N)은 할당된 시각에 부여 받은 시간만큼 OLT(20)로 데이터를 전송하게 된다.

<16> 또한, EPON에서 특정 작업에 우선순위를 부여하여 음성이나 영상을 쉽게 전송할 수 있다. 이더넷 프레임의 우선순위 분류는 이더넷 프레임의 3비트 VLAN(Virtual Local Area Network) 태그(Tag)나 사용자 정의 포트 우선순위에 따라 결정된다. 그에 따라 ONU들은 각 가입자에게 할당된 하나 또는 그 이상의 큐를 포함하며 각 가입자에게 속해있는 다중 큐들은 음성, 비디오, 데이터와 같은 다른 클래스 또는 다른 트래픽을 서비스하는 데 사용된다.

## 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<17> 이러한 GPS를 기반으로 하는 대역폭 할당 알고리즘들은 ONU들의 각 큐에게 대역폭을 공정하게 할당하고 전송할 수는 있으나 EPON에서의 시스템 확장성과 효율성의 측면에서는 요구사항을 충족시키지 못한다. 그 이유는 다음과 같다.

<18> ① 제어 측면에서의 전달 지연 : GPS를 사용하는 모든 알고리즘들은 제어를 위해 매우 작은 지연을 갖는다고 가정한다. 따라서 큐 상태 변화는 즉시 스케줄러에게 알려지며 스케줄러 또한 즉시 그 변화된 패킷크기를 알 수 있다. 이러한 가정은 단일의 칩에 존재하는 시스템 구조 또는 큐와 스케줄러가 인접해 있을 때 가능하다. 그러나 EPON은 분산된 시스템이기 때문에 스케줄러와 큐 사이의 전달 지연은 패킷 전송시간을 초과한다. 또한 다른 ONU와의 충돌을 피하기 위해 ONU은 자신에게 할당된 타임슬롯 동안에만 전송하기 때문에 ONU의 큐 상태 변화에 관한 정보를 수행하는 REPORT 메시지는 단지 그 전에 할당된 타임슬롯을 통해 전송된다. 따라서 전달 지연에 덧붙여 제어 메시지 지연이 더 증가하며 이로 인해 스케줄러는 항상 필요 없는 정보를 가지고 동작 해야한다.

<19> ② 제한된 제어 대역폭 : 다양한 큐를 스케줄링 하기 위해서는 각 큐에게 전송하기 위해 큐마다 분리된 GATE 메시지와 각 큐가 요청하는 대역폭을 전송하기 위해 큐마다 분리된 REPORT 메시지를 필요로 한다. 예를 들어, 32개의 ONU가 각각 128개의 가입자를 서비스하고 각 가입자는 3개의 큐를 가지고 있다고 가정하면 총 12288개의 큐가 존재한다. 또한 3개중 1개의 큐가 최대 1.5ms의 지연을 갖는 음성서비스를 있다고 생각하면 1.5ms 안에 4096개의 GATE 메시지 전송이 필요하다. 그러나 GATE 메시지만 전송하는데 2.75ms 가 걸리기 때문에 4096개의 음성서비스를 위한 큐는 지원될 수 없다.

<20> ③ 스위치 오버 오버헤드 : 패킷 기반의 GPS는 그들의 가상 종료 시간을 기반으로 패킷을 스케줄링 한다. 가상 시간은 패킷 도착 시간과 각 연결마다 할당된 상대적인 가치에 영향을 받지만 이는 다른 ONU에 위치한 다른 큐로부터 패킷들이 연속적으로 전송되어 질 때 가능하다. 그러나 EPON에서는 다른 ONU에 위치한 다른 큐로부터 전송된 패킷 사이에 가드 타임을 요구한다. 따라서 500 바이트의 평균 이더넷 패킷 크기와 1Gbps의 링크 용량, 그리고 가드 타임  $1\mu s$ 를 고려했을 때 20%의 오버헤드가 발생하며, 최소 이더넷 패킷 크기 64바이트가 전송된다고 가정하면 66%의 오버헤드가 발생하다. 따라서 패킷 기반의 GPS 알고리즘은 EPON 시스템에서 문제의 여지가 있다.

<21> 따라서 본 발명의 목적은 상기한 종래 기술을 문제점을 해결하여 EPON에서의 시스템 확장성과 효율성을 향상시킨 대역폭 동적 할당방법을 제공함에 있다.

<22> 또한, 본 발명의 다른 목적은 각 가입자들에게 다양한 특성을 갖는 서비스를 효율적으로 제공하기 위해 계층적 구조를 갖는 동적 대역폭 할당 방법을 제공함에 있다.

### 【발명의 구성 및 작용】

<23> 상술한 목적들을 달성하기 위하여 본 발명은, 하나의 OLT(Optical Line Terminal)와 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 ODN(Optical Distribution Network)을 통해 접속되는 이더넷 수동 광 가입자망(Ethernet Passive Optical Network)에서, 상기 OLT가 상기 ONU들의 데이터 전송을 위한 대역폭 요구에 대응하여 각 ONU에게 대역폭을 할당하는 방법에 있어서, 전체 가용 대역폭에서 ONU들로부터 요청된 각 서비스를 위해 보장되는 최소 대역폭을 할당하는 단계와, 상기 대역폭 요구를 한 모든 ONU들에게 상기 최소

대역폭 할당을 완료한 후에 상기 전체 가용 대역폭 중에서 현재 가용 대역폭이 있는 경우, ONU들이 요구한 대역폭의 합이 상기 현재 가용 대역폭보다 작으면 ONU들이 요구한 대역폭을 할당하고, ONU들이 요구한 대역폭의 합이 상기 현재 사용 대역폭보다 크면, 각 ONU의 큐의 크기와 각 큐에 대한 가중치를 고려하여 각 ONU에 대해 새로운 요구 대역폭을 결정하여 이에 비례하여 대역폭을 할당하는 과정을 포함한다.

<24> 이하 본 발명의 바람직한 실시예들을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대하여는 상세한 설명을 생략한다.

<25> 본 발명에 따른 대역폭 할당 알고리즘의 계층적 구조를 보인 도면이다. 본 발명은 EPON을 모든 큐들은 그룹으로 나누어지며 상위 단계 스케줄러가 그룹들을 스케줄링하고 하위 단계 스케줄러들은 각 그룹 안에 있는 큐를 스케줄링하는 계층적 구조로 한다.

<26> 본 발명에 따라 EPON은 OLT(50) 내에 존재하는 상위 단계 스케줄러와 ONU(60-1, 60-2, … 60-N) 내에 존재하는 하위 단계 스케줄러로 계층화 할 수 있다. 도 3은 EPON에서의 계층적 구조를 갖는 알고리즘을 보여준다. 본 발명은 계층적 구조를 갖는 알고리즘 설계를 위해 OLT와 ONU에서의 스케줄링 알고리즘을 분리하여 설계하였다. 각 OLT와 ONU의 스케줄러는 각 서비스 큐에 부여된 가중치와 현재 큐 정보를 기반으로 스케줄링을 수행하도록 한다.

<27> 구체적으로, 본 발명에 따른 OLT(50)는 ONU들(60-1, 60-2, … 60-N)으로의 데이터 전송을 위한 동적 대역폭 할당(DBA: Dynamic Bandwidth Allocation)을 하고 있다. 본 발명에서 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)은 서비스 클래스에 따라서 복수개의 큐를 가진다. 복수 개의 큐는 트래픽 타입에 따라 normal queue, priority queue, high-priority queue 등

으로 나눌 수 있다. 전술한 바와 같이, 이더넷 프레임의 서비스 클래스는 3비트의 VLAN(Virtual Local Area Network) 태그(Tag)에 의해 표시되므로 8개까지의 서비스 클래스를 나타낼 수 있다. 802.1p에서는 VLAN 태그를 이용한 우선순위를 1부터 7까지 정해 놓고 있는데 7이 가장 우선순위가 높다. 따라서 본 특허에서도 VLAN 태그를 이용하여 클래스 별 우선순위를 고려하고 있고 총 4개의 클래스로 나눈다. 8개의 사용가능한 우선순위를 4개로 매핑(Mapping)하는 것은 구현에 관한 사항이므로 본 특허에서는 내용은 생략 한다. 또한 음성서비스는 보장성이 가장 높아야 하므로 클래스에 넣지 않고 최우선순위를 보장하는 방법도 있을 수 있으며, 본 특허에서 이러한 방식을 채용한다. 결론적으로 본 특허에서는 VLAN 태크를 이용하여 EPON에서의 클래스를 구별할 수 있다는 사항만을 언급한다.

<28> 즉, 이하 설명되는 본 발명에 따른 실시예에서는 ONU에서 큐에 거의 저장됨이 없이 무조건 통과하는 최우선 순위를 갖는 이더넷 프레임에 대해서는 큐를 두지 않는 것으로 하여 4개의 서비스 클래스를 갖는 것으로 가정한다.

<29> 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)는 각 큐(80, 82, 84)로 들어오는 데이터 트래픽들을 저장 하며, 이를 복수개의 큐에 대하여 각 서비스 클래스를 고려하여 동적 대역폭 할당을 함으로써 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위한 스케줄러(70)를 포함한다.

<30> 이하, 본 발명은 OLT에서의 동적 대역폭 할당 방법과 ONU에서의 동적 대역폭 할당 방법에 대하여 차례로 설명한다. 그리고, 도 4 내지 도 7에서 사용되는 파라미터(parameter)의 정의는 다음과 같다.

<31> 상기한 도 3과 후술하는 도 4에서 사용된 파라미터(parameter)의 정의는 다음과 같다. " $BW_{alloc}$ "은 할당되는 대역폭,  $BW_{guaranteed}$ 는 최소 보장 대역폭,  $BW_{req}$ 은 요구 대역폭을

의미한다. 그리고,  $BW_{avail}$ 은 가용 대역폭,  $BW_{avail}^{new}$ 은 새로운 가용 대역폭을 의미한다. "P"는 서비스 클래스의 우선순위를 식별하며, "i"는 특정한 ONU를 의미하며, 1부터 전체 ONU들의 개수를 의미한다.

<32> 1) OLT에서의 동적 대역폭 할당 알고리즘

<33> 먼저 OLT의 스케줄러는 수신한 REPORT 메세지의 우선 순위 필드와 큐 요청 필드를 이용하여 각 ONU의 큐가 요청한 대역폭과 큐의 가중치를 고려하여 단일의 ONU가 다음 프레임에서 사용할 수 있는 전송 대역폭을 할당한다.

<34> 도 4는 이러한 OLT에서의 동적 대역폭 할당을 위한 비례 할당 방법의 처리 흐름도로서, 각 ONU의 큐가 요청한 대역폭과 큐의 가중치를 고려하여 단일의 ONU가 다음 프레임에서 사용할 수 있는 전송 대역폭을 할당한다.

<35> OLT(50)의 스케줄러(52)는 수신한 REPORT 메시지의 우선 순위 필드와 큐 요청 필드를 이용하여 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)의 큐가 요청한 대역폭과 큐의 가중치를 고려하여 단일의 ONU가 다음 프레임에서 사용할 수 있는 전송 대역폭을 할당한다. OLT 스케줄러는 비례 할당 알고리즘을 수행하여 할당 대역폭을 결정한다. OLT(50)는 매 프레임마다 REPORT 메시지를 통해 ONU로부터의 요구 대역폭 정보를 수집하여 전체 ONU가 요청한 대역폭을 구하고 이를 다음 프레임에서 사용 가능한 대역폭과 비교한 후, ONU들에 대해 대역폭을 할당한다.

<36> 도 4를 참조하면, OLT(50)의 스케줄러(52)는 P0 서비스를 위한 고정 할당

대역폭( $GBW_i^{P0}$ )과 P1, P2 서비스를 위한 최소 보장 대역폭( $GBW_i^{P1,P2}$ )을 할당한다. 구체적으로 스케줄러(52)는 단계 102에서 모든 ONU들에 대해 각 우선순위 별로 요구한 대역

폭의 총합( $BW_{rep}^P$ )에서 최소 보장 대역폭( $GBW_i^{P1,P2}$ )을 제외한 총 요구량의 합( $R_P^i$ )을 구한다. 그리고 스케줄러(52)는 단계 104에서 우선순위 별로 ONU들의 요구 대역폭을 더하게 되면 최소 보장 대역폭( $GBW_i^{P1,P2}$ )을 제외한 요구량들의 총합( $BW_{tot}^i$ )을 구할 수가 있게 된다. 스케줄러(52)는 이 값을 구하게 되면 이후 설명되는 단계 110에서 사용 가능한 대역폭( $BW_{avail}^{new}$ )과 비교하여 알고리즘을 수행할 수 있게 된다.

<37> 최소 보장 대역폭의 할당이 끝난 뒤 OLT(50)의 스케줄러(52)는 단계 106에서 ONU(60-1, 60-2, …, 60-N)에 대한 최소 보장 대역폭의 합을 구한다. 이때 각 서비스를 위해 보장되는 최소 대역폭의 합은 전체 사용 가능한 대역폭보다 클 수 없다. 그리고, 스케줄러(52)는 단계 108에서 최소 보장 대역폭의 합을 현재 가용 대역폭에서 제외하고 새로운 가용 대역폭  $BW_{avail}^{current}$ 을 구한다. 스케줄러(52)는 단계 110에서 각 ONU들의 요구 대역폭의 합이 새로운 가용 대역폭을 비교한다. 그리고 OLT(50)의 스케줄러(52)는 요구 대역폭의 합이 가용 대역폭보다 작은 경우 각 ONU가 요구한 대역폭만큼 할당한다.

<38> 만약 각 ONU들의 요구 대역폭의 합이 새로운 가용 대역폭보다 크면, 스케줄러(52)는 단계 114로 진행하여 각 ONU $i$ 의 큐 크기와 각 큐에 대한 가중치 (Weight)를 고려하여 각 ONU $i$ 의 새로운 요청 대역폭( $BW_{new-req}^i$ )으로 결정한다. 그리고 OLT(50)의 스케줄러(52)는 단계 116에서 사용 가능한 대역폭( $BW_{avail}^{new}$ )을 각 ONU $i$ 의 새로운 요청 대역폭에 비례하여 할당 대역폭을 이하 수학식 1과 같이 결정한다.

<39>

$$BW_{alloc}^i = BW_{avail}^{new} \times \left( \frac{BW_{new-req}^i}{BW_{new-req}^{tot}} \right)$$

【수학식 1】

<40> OLT(50)의 스케줄러(52)는 ONU<sub>i</sub>에게 비례 할당된 대역폭과 ONU<sub>i</sub>가 실제 요청한 대역폭을 비교하여 비례로 할당한 대역폭이 실제 요청한 대역폭보다 크다면 요청한 대역폭 만큼 할당한다. 이를 통해 대역폭 할당에 가중치가 적용됨으로써 ONU에게 요청한 대역폭 보다 큰 대역폭이 할당되는 문제를 해결할 수 있다.

<41> 2) ONU에서의 동적 대역폭 할당 알고리즘

<42> 다음으로 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)는 REPORT 메시지의 큐 요청 필드를 통해 각 서비스 큐에 대한 대역폭 요구 정보를 OLT(50)에게 전송하였지만 OLT(50)가 스케줄링을 통해 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)에게 할당한 대역폭은 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)의 전체 요구 대역폭에 대해 할당한 대역폭이다. 따라서 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)는 할당받은 대역폭을 자신의 우선 순위 큐들에게 적절한 방법으로 나누어 전송 기회를 주어야 한다. 이를 위해 수행하는 스케줄링 알고리즘으로서 비례할당 알고리즘을 고려할 수 있다. 그러나 비례 할당이 OLT의 스케줄러와 ONU의 스케줄러에서 반복 수행됨으로써 실질적인 패킷 전송에 이용되지 못하는 낭비 대역폭이 발생한다. 이를 해결하기 위하여 본 발명은 최대 요청 우선 할당 (MRFA; Maximum Request First Allocation) 알고리즘과 우선 순위 우선 할당 (HPFA; High Priority Fist Allocation) 알고리즘을 제안한다.

<43> 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 비례할당 알고리즘의 순서도를, 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 최대 요구 우선 할당 알고리즘의 순서도를 보이고 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 우선 순위 우선 할당 알고리즘의 순서도를 보인다. 이하의 ONU에서의 3개의 동적 대역폭 할당 알고리즘을 설명하는데 있어서, 우선순위가 가장 높은 서비스 클래스 P0, P0보다는 우선순위가 낮은 2개의 서비스 클래스 P1, P2에 대한 대역폭 할당 요구가 있는 경우로 한다.

<44> ① 비례 할당 알고리즘

<45> 비례 할당 알고리즘에서 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)의 스케줄러(70)는 할당된 전체 대역폭을 각 서비스 클래스(80, 82, 84)에게 큐의 길이와 우선 순위를 고려하여 비례적으로 대역폭을 할당한다.

<46> 도 5를 참조하면, ONU(60-1, 60-2, … 60-N)의 스케줄러(70)는 단계 202에서 OLT(50)에 의해 할당된 가용 대역폭과 각 다중 서비스 큐(80, 82, 84)들의 요구 대역폭을 비교한다. 만일 요구 대역폭  $BW_{req}^i$ 과 할당된 대역폭  $BW_{alloc}^i$  이 일치하면, ONU의 스케줄러(70)는 단계 204로 진행하여 가장 우선순위가 높은 서비스 클래스 P0에 대해서 최소 보장 대역폭을 할당한 후, 대역폭 요구한 모든 서비스 클래스의 큐에 대해 요구 대역폭을 할당한다.

<47> 만일 요구 대역폭  $BW_{req}^i$ 과 할당된 대역폭  $BW_{alloc}^i$  이 일치하지 않으면, 스케줄러(70)는 단계 206으로 진행하여 가장 우선순위가 높은 서비스 클래스 P0에 대해서 먼저 최소 보장 대역폭을 할당하고, 나머지 대역폭 요구한 서비스 클래스인 P1, P2에 대해서 요구 대역폭에서 최소 보장 대역폭을 할당한다. 이어서 스케줄러(70)는 단계 208로 진행하여 대역폭 요구한 모든 서비스 클래스 P0, P1, P2의 할당되어진 전체 최소 보장 대역폭을 모두 합친 후, 현재 사용 가능한 대역폭에서 전체 최소 보장 대역폭을 제외하여 남은 대역폭이 있는지를 검사한다. 그리고 스케줄러(70)는 단계 210에서 남은 대역폭에 대해 각 서비스 클래스에 따른 가중치(Weight)를 고려하여 각 큐(80, 82, 84)에 대한 새로운 요구 대역폭을 결정하고 각 큐에 새롭게 결정된 요구 대역폭을 모두 합한다. 그리고 스케줄러(70)는 단계 212에서 대역폭 요구한 각 큐에 대하여 최소 보장 대역폭에 추가하

여 남은 대역폭에 대해 전체 새로운 요구 대역폭에 대해 각 큐에 대한 새로운 요구 대역폭의 비를 곱하여 산출되는 가능한 새로운 대역폭을 결정한다. 그에 따라 스케줄러(70)는 대역폭 요구한 모든 큐에 대한 대역폭을 할당한다.

<48> OLT(60)가 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)에게 비례로 할당한 대역폭을 기반으로 각 ONU(60-1, 60-2, … 60-N)는 자신이 포함하고 있는 다중 서비스 큐(80, 82, 84)들의 요구 대역폭에 비례하여 대역폭을 할당하기 때문에 동적 대역폭 할당 시 각 서비스 큐가 할당받는 양이 매우 작다. 이로 인해 각 서비스 큐의 개수가 증가함에 따라 잔여 대역폭의 크기와 발생 빈도가 증가하며 특히 최소 전송이 보장되지 않고 동적 대역폭 할당만을 수행하는 P3 서비스는 HOL 문제가 빈번하게 발생하기 때문에 P3 서비스에서의 잔여 대역폭이 크게 증가한다.

<49> 따라서 대역폭의 이용률을 높이기 위해서 HOL 문제를 해결하고 잔여 대역폭을 줄일 수 있는 대역폭 할당 알고리즘의 설계가 필요하다.

<50> ② 최대 요구 우선 할당 알고리즘

<51> 최대 요구 우선 할당 (Maximum Request First Allocation: MRFA) 알고리즘은 HOL 문제를 해결하고 잔여 대역폭 (Remainder)을 줄이기 위해서 제안된 동적 대역폭 할당 알고리즘이다. 최대 요구 우선 할당 알고리즘은 OLT에게 할당받은 대역폭을 각 큐에게 동적 할당하기 위해 각 큐의 요구 대역폭에 가중치 (Weight)를 적용하여 새로운 요구 대역폭을 결정하고 이를 기반으로 요구 대역폭이 가장 큰 서비스 큐의 순서대로 대역폭을 할당하는 알고리즈다.

<52> 도 6을 참조하면, ONU(60-1, 60-2, … 60-N)의 스케줄러(70)는 단계 302에서 OLT(50)에 의해 할당된 가용 대역폭과 각각 다중 서비스 큐(80, 82, 84)들의 요구 대역폭을 비교한다. 만일 요구 대역폭  $BW_{req}^i$ 과 할당된 대역폭  $BW_{alloc}^i$ 가 일치하면, ONU의 스케줄러(70)는 단계 304로 진행하여 가장 우선순위가 높은 서비스 클래스 P0에 대해서 최소 보장 대역폭을 할당한 후, 대역폭 요구한 모든 서비스 클래스의 큐에 대해 요구 대역폭을 할당한다.

<53> 만일 요구 대역폭  $BW_{req}^i$ 과 할당된 대역폭  $BW_{alloc}^i$ 가 일치하지 않으면, 스케줄러(70)는 단계 306으로 진행하여 가장 우선순위가 높은 서비스 클래스 P0에 대해서 먼저 최소 보장 대역폭을 할당하고, 나머지 대역폭 요구한 서비스 클래스인 P1, P2에 대해서 요구 대역폭에서 최소 보장 대역폭을 할당한다. 이어서 스케줄러(70)는 단계 308로 진행하여 대역폭 요구한 모든 서비스 클래스 P0, P1, P2의 할당되어진 전체 최소 보장 대역폭을 모두 합친 후, 현재 사용 가능한 대역폭에서 전체 최소 보장 대역폭을 제외하여 남은 대역폭이 있는지를 검사한다. 그리고 스케줄러(70)는 단계 310에서 남은 대역폭에 대해 각 서비스 클래스에 따른 가중치(Weight)를 고려하여 각각 큐(80, 82, 84)에 대한 새로운 요구 대역폭을 결정한다.

<54> 그리고 스케줄러(70)는 단계 312에서 대역폭 요구한 각각 큐에 대하여 계산된 새로운 요구 대역폭이 가장 큰 큐의 순서대로 대역폭을 할당한다. 도시된 바와 같이, 스케줄러(70)는 대역폭 요구한 각각 큐에 대하여 가용 대역폭이 대역폭 요구한 큐의 요구 대역폭보다 큰 경우, 할당되는 대역폭은 큐가 요구한 최대 대역폭이 되는데, 스케줄러(70)는 요구 대역폭이 가장 큰 큐의 순서대로 가용 대역폭에서 최대 대역폭을 할당한다. 그리고

, 스케줄러(70)는 단계 314에서 현재 가용 대역폭이 남아있는지를 체크하고 현재 가용 대역폭이 있다면 단계 312로 되돌아 간다.

<55> 이와 같은 비례할당 알고리즘에서 매 프레임마다 단일 ONU에 대해 최대 큐의 개수 만큼의 잔여 대역폭이 존재하는데 비해 최대 요구 우선 순위 알고리즘에서는 최대 한 개의 잔여 대역폭이 존재한다. 또한 잔여 대역폭은 큐의 수에 영향을 받지 않으며 최대 잔여 대역폭을 갖는 경우는 최소 보장 대역폭을 갖는 서비스 큐의 수에만 영향을 받는다. 따라서 큐의 개수에 따라 잔여 대역폭이 증가하는 비례할당 알고리즘에 비해 최대 요구 우선 할당 알고리즘은 잔여 대역폭을 감소시켜 대역폭의 이용률을 높이고, 큐의 증가에 영향을 받지 않으므로 확장성이 좋다.

<56> ③ 우선 순위 우선 할당 알고리즘

<57> 우선 순위 우선 할당 (High Priority First Allocation: HPFA) 알고리즘도 앞에서 제안한 최대 요구 우선 할당 알고리즘과 마찬가지로 HOL 문제를 해결하고 발생하는 잔여 대역폭을 줄임으로써 대역폭의 이용률을 높이기 위해 제안된 알고리즘이다. 우선 순위 우선 할당 알고리즘은 OLT에게 할당받은 대역폭을 각 큐에게 할당할 때 가장 우선 순위가 높은 큐의 대역폭을 할당받은 대역폭 내에서 보장해주고 남는 대역폭이 있을 때는 각 큐의 요청대역폭과 가중치 (Weight)를 고려하여 새로운 요구 대역폭을 결정하고 이를 기반으로 가장 많이 요청한 큐의 순서로 대역폭을 할당한다.

<58> 도 7을 참조하면, ONU(60-1, 60-2, … 60-N)의 스케줄러(70)는 단계 402에서 OLT(50)에 의해 할당된 가용 대역폭과 각 다중 서비스 큐(80, 82, 84)들의 요구 대역

폭을 비교한다. 만일 요구 대역폭  $BW_{req}^i$ 과 할당된 대역폭  $BW_{alloc}^i$  이 일치하면, ONU의 스케줄러(70)는 단계 404로 진행하여 가장 우선순위가 높은 서비스 클래스 P0에 대해서 최소 보장 대역폭을 할당한 후, 대역폭 요구한 모든 서비스 클래스의 큐에 대해 요구 대역폭을 할당한다.

<59> 만일 요구 대역폭  $BW_{req}^i$ 과 할당된 대역폭  $BW_{alloc}^i$  이 일치하지 않으면, 스케줄러(70)는 단계 406으로 진행하여 가장 우선순위가 높은 서비스 클래스 P0에 대해서 먼저 최소 보장 대역폭을 할당하고, 나머지 대역폭 요구한 서비스 클래스인 P1, P2에 대해서 요구 대역폭에서 최소 보장 대역폭을 할당한다. 이어서 스케줄러(70)는 단계 408로 진행하여 대역폭 요구한 모든 서비스 클래스 P0, P1, P2의 할당되어진 전체 최소 보장 대역폭을 모두 합친 후, 현재 사용 가능한 대역폭에서 전체 최소 보장 대역폭을 제외하여 남은 대역폭이 있는지를 검사한다.

<60> 그리고 스케줄러(70)는 단계 410에서 남은 대역폭에 대해 가장 우선 순위가 높은 큐의 대역폭을 할당받은 대역폭 내에서 보장해준다. 도시된 바와 같이 가장 우선 순위가 높은 큐인 P1에 대해서 먼저 할당받은 대역폭 내에서 P1의 요구 대역폭을 할당한다. 그리고 스케줄러(70)는 단계 412로 진행하여 남은 대역폭이 있는지를 검사한다. 만일 남은 할당 가능한 대역폭이 있다면 스케줄러(70)는 단계 414로 진행하여 각 큐의 요청 대역폭과 가중치(Weight)를 고려하여 새로운 요구 대역폭을 결정하고 각 큐에 대하여 새로운 요구 대역폭이 가장 큰 큐의 순서대로 대역폭을 할당한다. 도시된 바와 같이, 스케줄러(70)는 대역폭 요구한 각 큐에 대하여 가용 대역폭이 대역폭 요구한 큐의 요구 대역폭보다 큰 경우, 할당되는 대역폭은 큐가 요구한 최대 대역폭이 되는데, 스케줄러(70)

는 요구 대역폭이 가장 큰 큐의 순서대로 가용 대역폭에서 최대 대역폭을 할당한다. 그리고, 스케줄러(70)는 단계 416에서 현재 가용 대역폭이 남아있는지를 체크하고 현재 가용 대역폭이 있다면 단계 414로 되돌아 간다.

<61> 이 알고리즘의 경우 항상 우선 순위가 높은 큐를 먼저 보장해 주기 때문에 각 서버스의 요구 사항을 만족시킬 수 있고, 이미 요청한 대역폭만을 할당함으로써 우선 순위가 낮은 큐에게 전송 기회를 제공하므로 각 큐간의 공정성을 보장할 수 있다. 대역폭 할당 시 우선 순위가 높은 큐부터 전송을 보장해 주는 경우 이로 인해 입력부하가 낮음에도 불구하고 우선 순위가 낮은 큐의 지연은 오히려 증가하는 경우가 발생하는데 이를 낮은 입력 부하에서의 패널티 현상이라고 한다. 이는 전송 시점에서 우선 순위가 높은 큐의 데이터를 먼저 보장해주기 때문에 발생한다. 그러나 우선 순위 우선 할당 알고리즘은 우선 순위가 높은 큐의 크기만큼 할당하지 않고 전 프레임에서 요청한 대역폭만을 할당하기 때문에 이러한 문제를 해결할 수 있다. 또한 우선 순위 우선 할당 알고리즘은 매 프레임마다 단일 ONU에 대해 최대 한 개의 잔여 대역폭이 발생하기 때문에 잔여대역폭으로 인한 대역폭 낭비를 줄일 수 있다.

### 【발명의 효과】

<62> 전술한 바와 같이 본 발명에 따른 OLT의 스케줄러는 ONU로부터 전송된

REPORT 메시지 내의 다중 큐 요청 정보를 기반으로 스케줄링을 한 후 단일의 ONU에 대해 통합된 스케줄링 결과를 GATE 메시지를 통해 전송한다. 또한 본 발명에 따라 ONU의 스케줄러는 OLT로부터 할당받은 대역폭을 기반으로 스케줄링을 수행하고 자신에게 속해 있는 각 큐에게 전송 대역폭을 할당한다. 이와 같이 계층적 구조는 각 큐마다 분리된 GATE 메시지와 REPORT 메시지를 배제하기 때문에 확장성 문제를 해결할 수 있으며 이로 인해 하나의 ONU내에 존재하는 모든 큐들이 데이터 전송 시 가드 타임 없이 연속적으로 서비스 되기 때문에 스위치-오버 오버헤드 문제를 해결할 수 있다.

<63> 또한 본 발명에 따른 동적 대역폭 할당 알고리즘은 OLT와 ONU가 GATE와 REPORT 메시지를 통해 정보 교환을 수행하므로 MPCP와 호환가능하며 큐의 수에 대해 효율적이고 확장성이 좋으며 또한, 공정성을 보장하고 효율적인 대역폭의 사용이 가능하다.

## 【특허청구범위】

### 【청구항 1】

하나의 OLT(Optical Line Terminal)와 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 ODN(Optical Distribution Network)을 통해 접속되는 이더넷 수동 광 가입자망(Ethernet Passive Optical Network)에서, 상기 OLT가 상기 ONU들의 데이터 전송을 위한 대역폭 요구에 대응하여 각 ONU에게 대역폭을 할당하는 방법에 있어서,

전체 가용 대역폭에서 ONU들로부터 요청된 각 서비스를 위해 보장되는 최소 대역폭을 할당하는 단계와,

상기 대역폭 요구를 한 모든 ONU들에게 상기 최소 대역폭 할당을 완료한 후에 상기 전체 가용 대역폭 중에서 현재 가용 대역폭이 있는 경우, ONU들이 요구한 대역폭의 합이 상기 현재 가용 대역폭보다 작으면 ONU들이 요구한 대역폭을 할당하고, ONU들이 요구한 대역폭의 합이 상기 현재 사용 대역폭보다 크면, 각 ONU의 큐의 크기와 각 큐에 대한 가중치를 고려하여 각 ONU에 대해 새로운 요구 대역폭을 결정하여 이에 비례하여 대역폭을 할당하는 과정을 구비함을 특징으로 하는 동적 대역폭 할당방법.

### 【청구항 2】

하나의 OLT(Optical Line Terminal)와 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 ODN(Optical Distribution Network)을 통해 접속되는 이더넷 수동 광 가입자망(Ethernet Passive Optical Network)에서, 상기 ONU가 상기 OLT로부터 할당받은 대역폭을 각 서비

스 클래스 큐의 대역폭 요구에 대응하여 각 서비스 클래스 큐에 할당하는 방법에 있어서,

상기 OLT로부터의 가용 대역폭이 상기 대역폭 요구를 한 큐들의 요구 대역폭의 합보다 작으면 각 큐가 요구한 대역폭을 할당하고, 상기 가용 대역폭이 각 큐들의 요구 대역폭의 합보다 작으면, 서비스클래스의 우선순위에 따라 최소 보장 대역폭을 할당하는 단계와,

상기 가용 대역폭에서 최소 보장 대역폭을 할당하고 남은 대역폭에 대해 각 서비스 클래스에 따른 가중치(Weight)를 고려하여 각 큐에 대한 새로운 요구 대역폭을 결정하고 이에 비례하여 상기 남은 대역폭을 할당하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 대역폭 할당방법.

### 【청구항 3】

하나의 OLT(Optical Line Terminal)와 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 ODN(Optical Distribution Network)을 통해 접속되는 이더넷 수동 광 가입자망(Ethernet Passive Optical Network)에서, 상기 ONU가 상기 OLT로부터 할당받은 대역폭을 각 서비스 클래스 큐의 대역폭 요구에 대응하여 각 서비스 클래스 큐에 할당하는 방법에 있어서,

상기 OLT로부터의 가용 대역폭이 상기 대역폭 요구를 한 큐들의 요구 대역폭의 합보다 작으면 각 큐가 요구한 대역폭을 할당하고, 상기 가용 대역폭이 각 큐들

의 요구 대역폭의 합보다 작으면, 서비스클래스의 우선순위에 따라 최소 보장 대역폭을 할당하는 단계와,

상기 가용 대역폭에서 최소 보장 대역폭을 할당하고 남은 대역폭에 대해 요구 대역폭이 큰 큐의 순서대로 대역폭을 할당하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 대역폭 할당방법.

#### 【청구항 4】

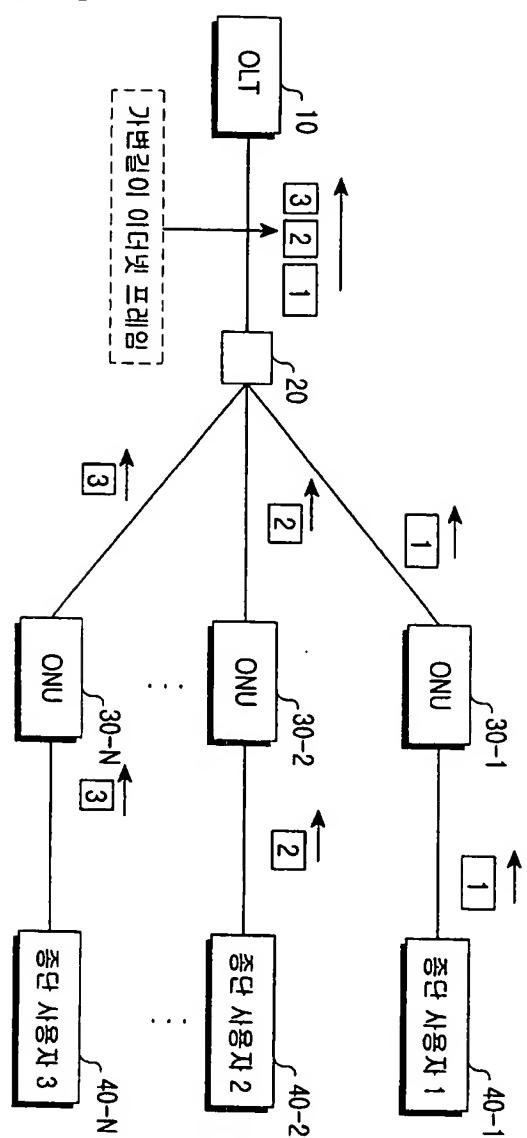
하나의 OLT(Optical Line Terminal)와 다수의 ONU(Optical Network Unit)가 ODN(Optical Distribution Network)을 통해 접속되는 이더넷 수동 광 가입자망(Ethernet Passive Optical Network)에서, 상기 ONU가 상기 OLT로부터 할당받은 대역폭을 각 서비스 클래스 큐의 대역폭 요구에 대응하여 각 서비스 클래스 큐에 할당하는 방법에 있어서,

상기 OLT로부터의 가용 대역폭이 상기 대역폭 요구를 한 큐들의 요구 대역폭의 합보다 작으면 각 큐가 요구한 대역폭을 할당하고, 상기 가용 대역폭이 각 큐들의 요구 대역폭의 합보다 작으면, 서비스클래스의 우선순위에 따라 최소 보장 대역폭을 할당하는 단계와,

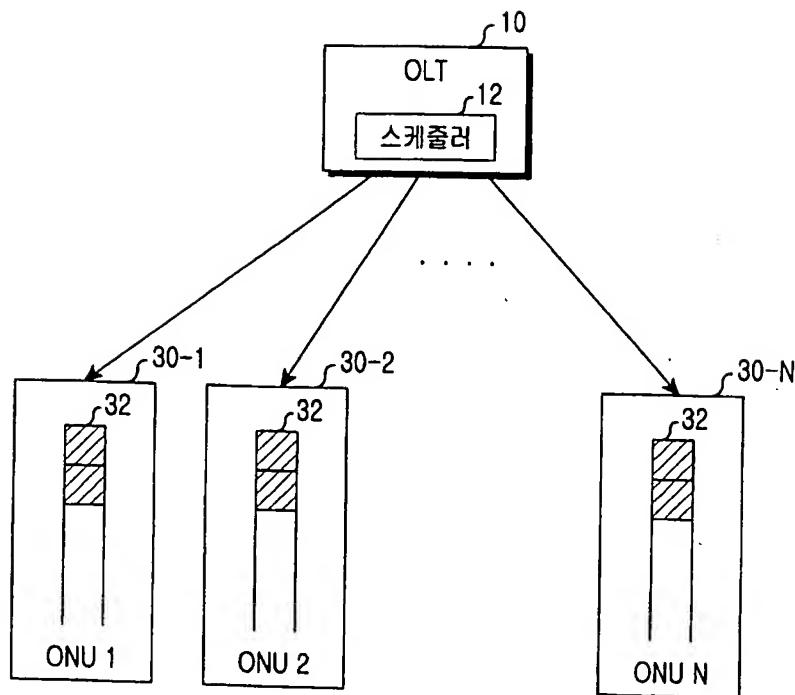
상기 가용 대역폭에서 최소 보장 대역폭을 할당하고 남은 대역폭에 대해 우선 순위가 가장 높은 큐에 대해서 대역폭을 할당하고 나머지 큐에 대해서는 각 서비스 클래스에 따른 가중치(Weight)를 고려하여 각 큐에 대한 새로운 요구 대역폭을 결정하고 이에 비례하여 대역폭을 할당하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 동적 대역폭 할당방법.

【도면】

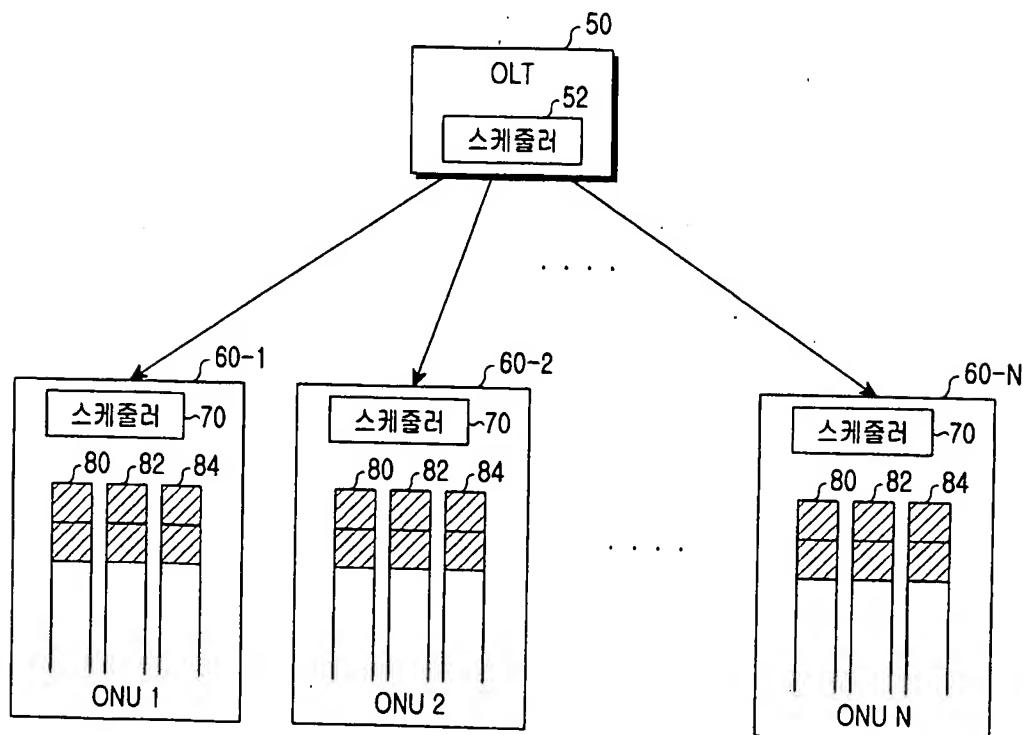
【도 1】



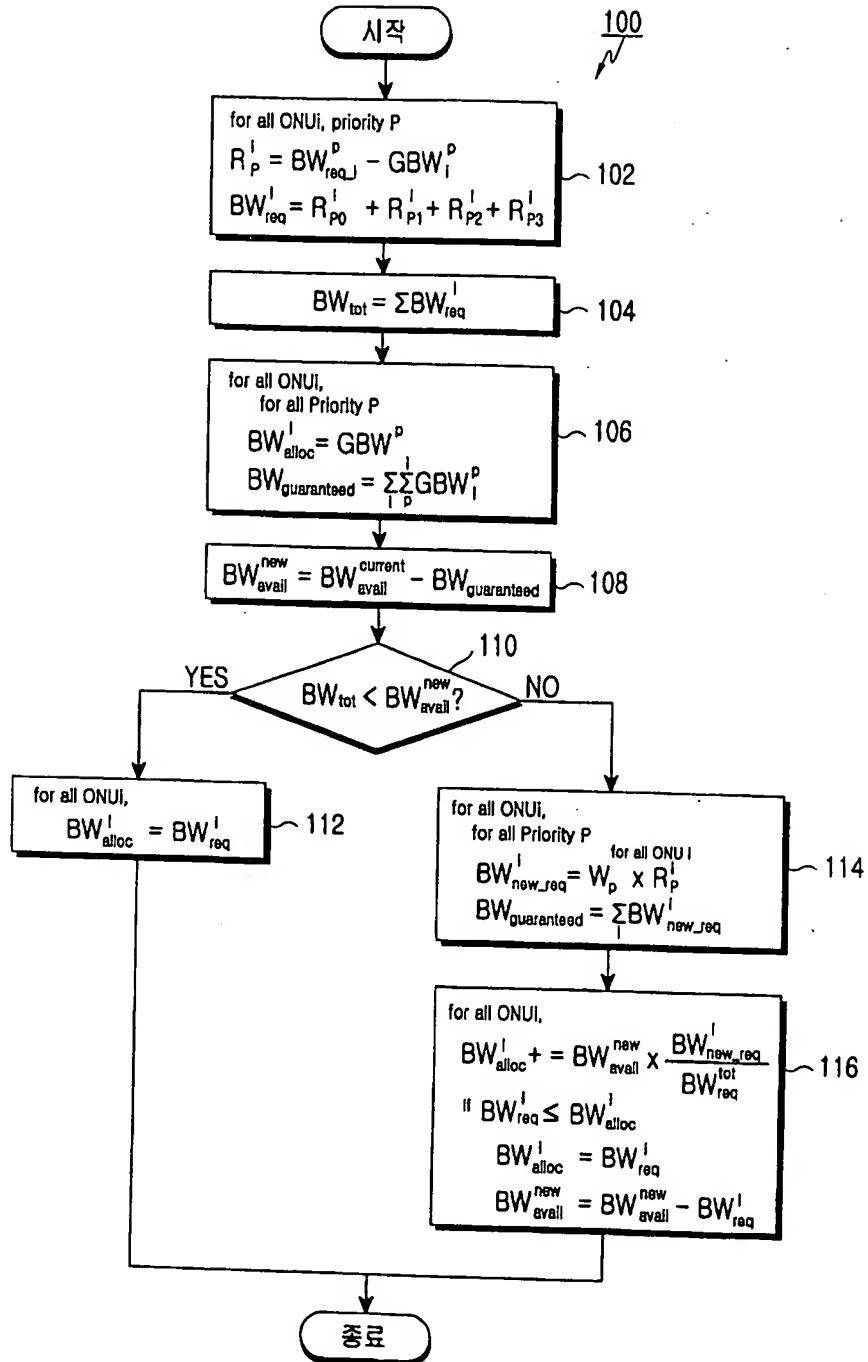
【도 2】



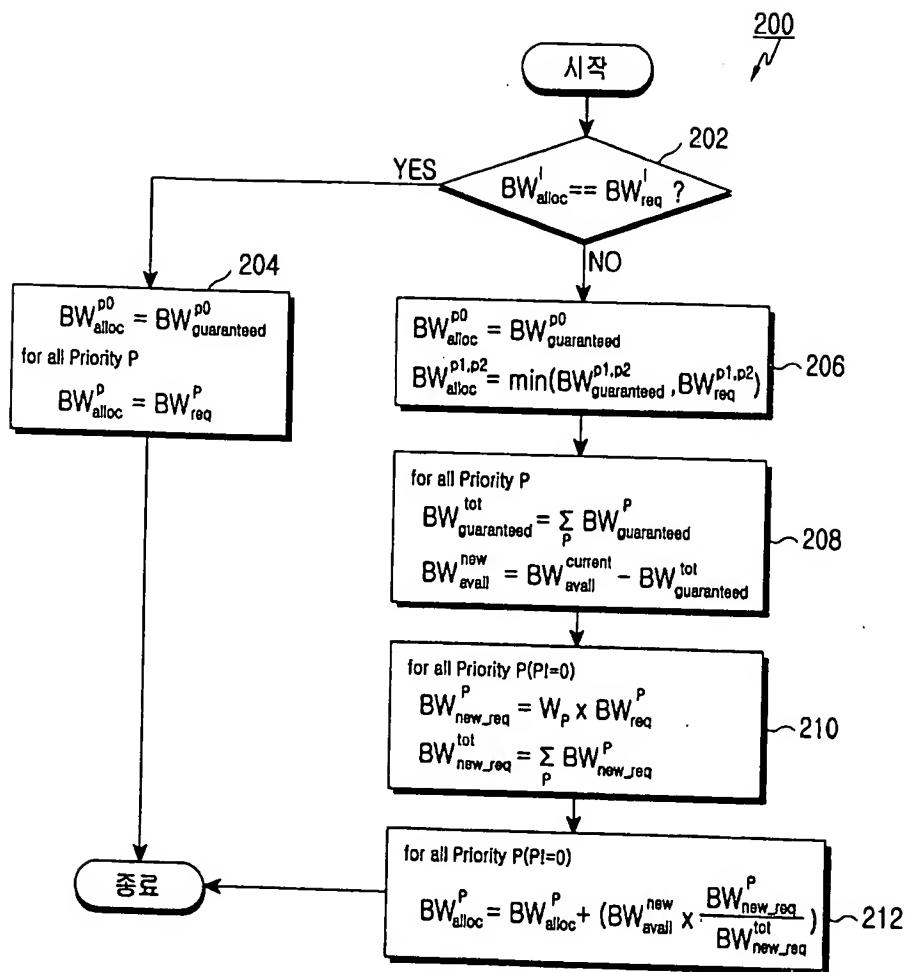
【도 3】



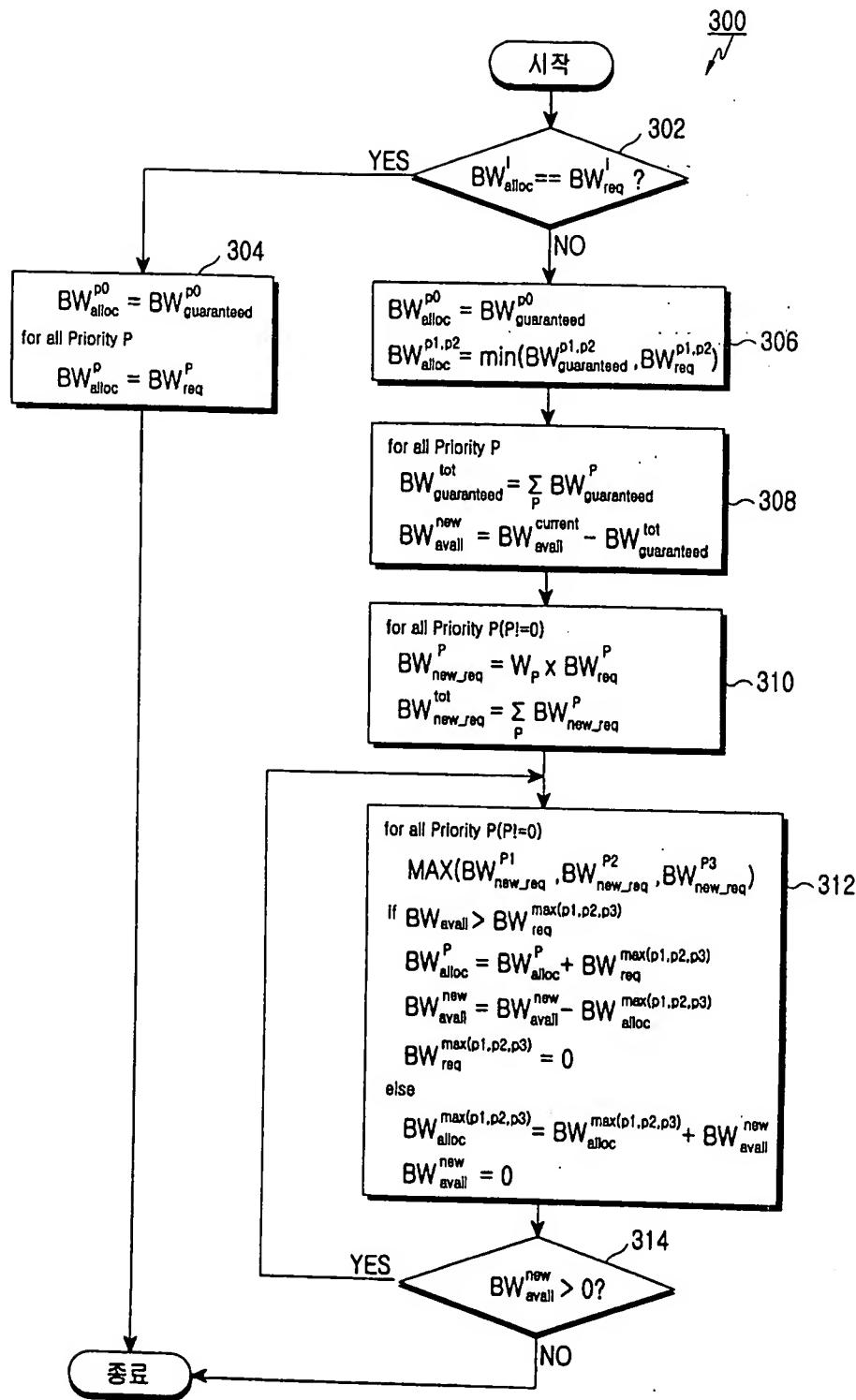
【도 4】



## 【도 5】



【도 6】



【도 7】

